УДК631.41:631.416.4

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТИ НА СВОЙСТВА ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.П. Середина

Томский государственный университет
Тел.: (382-2)-415-405

Рассматриваются данные полевых и экспериментальных исследований влияния нефти на свойства почв нефтедобывающих районов Западной Сибири. Установлено специфическое влияние нефтяного загрязнения на основные параметры почв: морфологическое строение, химические и физико-химические свойства и пищевой режим. Результаты могут быть использованы при проведении почвенно-экологического мониторинга и рекультивации почв.

Введение

В условиях возрастающего антропогенного воздействия увеличиваются техногенные потоки различных загрязняющих веществ, усиливается их давление на все компоненты биосферы и слагающие её наземные и водные экосистемы. Нефть в настоящее время – один из самых распространённых загрязнителей природной среды. Она содержит помимо собственно нефтяного вещества попутную пластовую воду, находящуюся с нефтью в различных соотношениях. Вследствие этого образуется комплексный загрязнитель, воздействие которого на почвы и другие компоненты ландшафта определяется количеством, составом и свойствами как органических, так и неорганических соединений. Загрязнение природной среды нефтью вызывает резкие ответные реакции во всех компонентах экосистем, в том числе, и в почве. Находясь на пересечении практически всех потоков вещества в геосистемах, почвы служат естественным фильтром и вместе с тем депонирующей средой для соединений-загрязнителей.

Территории нефтепромыслов в Томской области занимают значительные площади, поэтому проблемы техногенного влияния нефти здесь наиболее актуальны. Как было показано ранее [1, 2], повышенная восприимчивость почв к загрязнению нефтью и нефтепродуктами связана с недостаточной их теплообеспеченностью и малым количеством элементов питания. Длительность восстановления данных почв обусловлена замедленным темпом естественных биогеохимических процессов. В связи с этим, знание трендов техногенной эволюции почвенного покрова очень важно как для практических действий, так и для планирования и организации контроля на длительную перспективу.

Объектом исследования послужили почвы месторождений углеводородного сырья бассейна реки Васюган. В соответствии с почвенно-географическим районированием [3], данная территория относится к подзоне южной тайги. Эволюция почв гумидных областей равнинных слаборасчленённых территорий Западной Сибири представляет собой замедленное развитие автоморфного почвообразования и ускоренное гидроморфного, что приводит в конечном счёте к сильной заболоченности территории и слабому проявлению автоморфного почвообразования. Эта особенность во многом определяет свойства почв, состав и структуру почвенного покрова и географию почв в целом.

1. Влияние нефти на свойства почв

Современный почвенный покров исследуемой территории в связи со своеобразным сочетанием природных условий сложен, разнообразен и представлен следующими типами почв: подзолистыми, болотно-подзолистыми, дерново-глеевыми, болотными и аллювиальными. Все фоновые почвы в той или иной степени несут признаки гидроморфизма, имеют слабокислую или кислую реакцию среды, содержат невысокое количество поглощенных катионов, не насыщены основаниями, за исключением почв, сформированных на карбонатных породах. Изменение свойств почв под влиянием данного техногенного загрязнителя рассмотрено на примере автоморфных (подзолистых) и аллювиальных почв. При попадании нефти и нефтепродуктов в почву происходят глубокие и часто необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических свойств, а иногда и существенная перестройка всего почвенного профиля. Нефть специфически воздействует на многие характеристики почв, но прежде всего загрязнение нефтью отражается на их морфологическом строении. При загрязнении наблюдается пропитывание нефтью верхних горизонтов, что приводит к изменению окраски на более тёмную. Нижележащие горизонты также подвергаются загрязнению, но сплошного пропитывания почвенной массы здесь не наблюдается, поэтому окраска горизонтов не претерпевает столь значительных изменений, как верхние горизонты. Следует отметить, что гумусовые горизонты загрязненных почв сильнее увлажнены по сравнению с их незагрязненными аналогами. В отличие от горизонта B_{Feg} (21…37 см) аллювиальной лугово-болотной фоновой почвы, имеющего непрочно-комковатую структуру, горизонт B_{Feg} (21…34 см) загрязнённый нефтью – глинистый и бесструктурный. Кроме того, нижележащий горизонт BC_{Feg} (34…54 см) содержит намного больше оксида железа по сравнению с аналогичным горизонтом фоновой почвы и приобретает за счёт этого ржавую окраску. Одной из причин повышенной ожелезнённости, как указывается в работе [4], является дополнительное поступление железа из нефтяной эмульсии. В загрязнённых углеводородами нефти почвах отмечается статистически значимое уменьшение количества мелкопесчаной и увеличение илистой фракции, а также общего содержания физической глины, что приводит к утяжелению гранулометрического состава. Возможно, что это связано с увеличением потёчности глинистой массы, которая связана с внедрением в почвенный поглощающий комплекс (ППК) натрия из нефтяной эмульсии. Одновременно наблюдается ухудшение

физических и водно-физических свойств данных почв. В связи с негативным влиянием нефти происходит трансформация почвенной среды, обусловленная в значительной степени изменением её физико-химических свойств. В целом, несмотря на различия в генезисе, можно отметить следующие тенденции в изменении свойств данных почв под влиянием нефти: наблюдается увеличение значений pH водной и солевой вытяжек, снижение величины гидролитической кислотности; в составе почвенного поглощающего комплекса появляется обменный натрий. Присутствие данного катиона в ППК обусловливает техногенное осолонцевание почв, потерю почвенной структуры, а также диспергацию почвенных частиц и утяжеление гранулометрического состава. В загрязнённых нефтью почвах уменьшается порозность агрегатов, а также количество доступной растениям влаги, ухудшаются условия азотного и калийного питания растений.

2. Воздействие техногенного загрязнителя на содержание элементов питания

В условиях техногенного давления на почву происходит изменение содержания в ней питательных элементов. Ранее [1] нами было показано отрицательное воздействие нефтяного загрязнения на азотный режим почв. Оно выражается в подавлении нитрификации, усилении процессов азотфиксации и денитрификации. Это обусловлено снижением парциального давления кислорода в почве, испытывающей на себе воздействие большого количества органического вещества нефтяного происхождения.

В естественных природных условиях в почвах складывается определённое, оптимальное для данной ситуации устойчивое соотношение между формами калия (водорастворимым, обменным, необменным). При изменении этого соотношения (интенсивное потребление калия растениями, внесение удобрений, а тем более загрязнение нефтью) динамика и трансформация форм калия может протекать совершенно в ином направлении.

Исследования, проведенные по изучению влияния нефтяного загрязнения на основные параметры калийного режима почв как в естественных условиях, так и в условиях лабораторного моделирования, позволяют судить о том, что содержание основных форм калия изменяется как в зависимости от продолжительности взаимодействия нефти с почвой (1 срок – 10 дней; 2 срок – 30 дней; 3 срок – 45 дней; 4 срок – 90 дней), так и от вариантов опыта (контроль; 5 г нефти на 100 г почвы; 25 г нефти на 100 г почвы; 25 г нефти на 100 г почвы + NPK; NPK). С помощью однофакторного дисперсионного анализа установлено влияние фактора "варианты опыта" на некоторые характеристики калийного режима почв (табл. 1).

По результатам дисперсионного анализа (множественных сравнений по Краскелу-Уоллису) непосредственного влияния нефти на изменение водорастворимой формы калия не обнаружено, хотя и прослеживается тенденция уменьшения его количества пропорционально увеличению степени загрязнения. Это связано, вероятно, с тем, что в процессе загрязнения почв нефтью возможно блокирование наиболее легкодоступных обменных позиций на поверхности глинистых кристаллитов, в результате чего происходит своеобразная "консервация" калия нефтяными углеводородами. В работе [4] указывается, что нефть содержит многие металлы в виде металлоорганических соединений. Можно предположить, что какая-то часть первоначально "законсервированного" калия затем входит в более сложные комплексы с углеводородами нефти.

Использование в опыте минеральных удобрений существенно повышает количество водорастворимого калия, что подтверждается статистически. Это и естественно, так как из всех видов калийных удобрений наиболее подвижным является калий хлористых солей, который и был внесен в почву в составе NPK.

Учитывая, что нефтяное загрязнение в дозе 25 г на 100 г почвы приводит к уменьшению водорастворимого калия до минимального значения (0,88 мг/100 г), а удобрения существенно повышают его количество в незагрязненной почве (3,16 мг/100 г), то максимальные различия следовало ожидать между этими двумя вариантами опыта. Данная закономерность подтверждается в процессе статистической обработки при использовании метода множественных сравнений.

Несколько по-иному протекает динамика обменного калия под влиянием нефтяного загрязнения. С усилением нефтяной нагрузки его количество постепенно уменьшается с 3,14 до 2,32 мг/100 г почвы. При техногенном загрязнении почв происходит нарушение естественного равновесия между формами калия, наблюдаемое во все сроки, кроме второго (30 дней). В этом сроке можно проследить противоположную направленность динамики обменных и необменных форм, отражающую характер их взаимодействия. Так, величина обменного калия в первом сроке опыта в варианте с сильной степенью загрязнения составляет 2,32 мг/100 г почвы, а во втором сроке его содержание увеличивается в 2,5 раза. Одновременно с этим, приблизительно во столько же раз, уменьшается и количество необменного калия.

Как указывают некоторые авторы, высвобождение калия зависит от сопутствующих ионов почвы. Аммоний, например, подавляет высвобождение калия из необменных форм; ионы H^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} более энергично, чем NH_4^+, замещают необменный калий. В работе [4] указывается на возможность дополнительного поступления в почву кальция из нефтяной эмульсии. В связи с этим, в первом сроке с увеличением дозы загрязнителя до 25 г на 100 г почвы наблюдается возрастание количества обменного кальция при одновременном уменьшении содержания обменных и необменных форм калия.

В начальный период загрязнения нефтью почва находится в неустойчивом состоянии, поэтому перестройка ее почвенного поглощающего комплекса происходит, очевидно, не сразу, а с течением времени. Так, в третьем сроке опыта (45 дней) под воздействием нефти увеличивается необменная адсорбционная способность аллювиальной дерново-глеевой почвы и, как следствие этого, статистически значимо уменьшается

Таблица 1. Результаты однофакторного дисперсионного анализа форм калия аллювиальной дерново-глеевой почвы

Статистический критерий Краскела-Уоллиса и уровень значимости	Калий, мг/100 г почвы		
	обменный	необменный	водорастворимый
I срок (10 дней)			
H	16,4	13,37	13,94
P	0,002	0,01	0,007
II срок (30 дней)			
H	11,37	9,39	11,65
P	0,002	0,052	0,001
III срок (45 дней)			
H	16,74	4,13	12,73
P	0,002	0,388	0,013
IV срок (90 дней)			
H	16,61	15,57	8,08
P	0,002	0,004	0,089

количество обменных форм калия. Это может объясняться еще и тем, что в данном сроке во всех вариантах опыта величина pH водной вытяжки достигает своего максимального значения. Повышение pH может приводить к растворению прослоек гидроксида алюминия в минералах почвенных хлоритов [5], присутствующих во многих почвенных горизонтах. В результате этого в межпакетных промежутках трехслойных силикатов освобождаются дополнительные обменные позиции, что приводит к необменному поглощению калия. Об этом свидетельствует довольно высокая корреляция между pH водной вытяжки и необменным калием (r_s=0,63, p=0,008), наблюдающаяся при длительной экспозиции опыта (45 дней).

Как следует из результатов модельного опыта, влияние минеральных удобрений на фоне сильной степени загрязнения (25 %) проявляется не сразу. Очевидно, нефть замедляет действие азотно-фосфорно-калийных удобрений. Возможно, что уже во втором сроке (30 дней) наряду с пополнением почвенного раствора доступными формами элементов питания, внесение удобрений (NPK) одновременно стимулирует деятельность микроорганизмов и частично снимает эффект негативного воздействия нефти. В четвертом сроке опыта наблюдается довольно резкое повышение количества водорастворимого калия, что, по-видимому, связано с деструкцией нефтяных углеводородов и переходом калия обменных позиций в почвенный раствор. Следует отметить, что обменная и водорастворимая формы калия одинаково реагируют на внесение минеральных удобрений; об этом свидетельствует и высокая положительная корреляция между этими величинами (r_s= 0,83, p=0,000).

Для того, чтобы выявить реакцию различных в генетико-классификационном отношении почв на загрязнение нефтью, по аналогичной схеме был проведен модельный опыт на дерново-подзолистой почве. Полученные результаты подтверждают основные закономерности изменения форм калия, выявленные для аллювиальной дерново-глеевой почвы. Однако в дерново-подзолистой почве ярче проявляется влияние нефти (высоких доз) на поведение водорастворимых и обменных форм калия.

В условиях лабораторного моделирования с искусственным загрязнением нефтью (табл. 2) выявлено снижение одного из основных показателей буферного механизма почв – потенциальной буферной способности в отношении калия ($ПБС^К$).

Отмечается следующая закономерность: при увеличении дозы нефти до 25 г на 100 г почвы происходит уменьшение (более, чем в три раза) значений $ПБС^К$ по сравнению с контрольным вариантом.

Все вышеизложенное позволяет констатировать, что загрязнение почв нефтью, особенно в высоких дозах, влияет не только на содержание наиболее доступных для питания растений форм калия – обменного и водорастворимого, уменьшая исходный уровень обеспеченности почв, но и отражается на их буферном механизме, нарушая динамическое равновесие между обменными и необменными формами. Под воздействием нефти как в нативном состоянии, так и в условиях модельного опыта интенсивность десорбции почвой калия заметно падает, что приводит к снижению активности данного иона и одновременному повышению значений калийного потенциала. Существенное уменьшение потенциальной буферной способности в отношении калия в почвах, загрязненных нефтью, особенно в вариантах с сильным загрязнением, свидетельствует о снижении поступления ионов калия в почвенный раствор и, как следствие этого, ухудшении условий питания растений данным элементом.

Заключение

Под влиянием нефтяного загрязнения установлены значительные качественные и количественные изменения основных параметров химического состояния почв, что на многие годы приводит к потере плодородия. Внесение органических и минеральных удобрений, особенно при высокой степени загрязнения, сглажива-

Таблица 2. Изменение ПБС^К в аллювиальной дерново-глеевой почве

Вариант	КΛ, мг-экв/л	$AR_0 \cdot 10^{-2}$, моль/л^{0,5}	ПБС^к, мг-экв/100г, моль,/л$^{-0,5}$
Контроль	0,07	0,25	28
Нефть 5 г	0,08	0,4	20
25 г	0,05	0,6	8,3

ет негативное воздействие загрязнителя, способствуя улучшению физико-химических характеристик, азотного и калийного режимов техногенно загрязнённых почв. В условиях севера Томской области воздействие нефти на почвы усугубляется неблагоприятными биоклиматическими факторами. Одним из перспективных источников органического вещества, как было показано нами ранее [6], является торф. Он не только улучшает пищевой режим почв и их поглотительную способность, но и активно сорбирует нефть и нефтепродукты. На основании результатов модельных опытов предлагается использование минеральных и органических удобрений в качестве стимуляторов биоразложения нефти.

Результаты исследований калийного режима почв могут быть полезными для решения проблем рекультивации территорий, подверженных влиянию нефтегазового комплекса, и разработке программ комплексного экологического мониторинга природной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы использования и охраны почв Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1989.
2. Protopopov N.F., Seredina V. P., Panin V.F., Schwab N.A. // Journal of Conference Abstracts, Cambridge, UK, Cambridge Publications. – 1997. – 2(2). – P. 27.
3. Почвенно-географическое районирование СССР (в связи с сельскохозяйственным использованием земель). – М.: Изд-во АН СССР, 1962.
4. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1993.
5. Соколова Т.А. Калийное состояние почв, методы его оценки и пути оптимизации. – М.: Изд-во МГУ, 1987.
6. Горникова С.В., Середина В.П. Влияние нефти на физико-химические свойства почв нефтегазоносных районов Томского Севера. – Томск: АН СССР. Сиб. отд., 1985.